

УДК 539.1.074:621.383.523

АМПЛИТУДНЫЕ И СКОРОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОПИКСЕЛЬНЫХ СЧЕТЧИКОВ ФОТОНОВ S10931-050P и S10931-100P ПРОИЗВОДСТВА “HAMAMATSU PHOTONICS”**А.В. Дудник^{*,**}, Е.В. Курбатов^{*}, Э. Валтонен^{**}**^{*}Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина
г. Харьков, пл. Свободы, 4, 61022 УкраинаE-mail: Oleksiy.V.Dudnik@univer.kharkov.ua; Eugen.V.Kurbatov@univer.kharkov.ua^{**}Лаборатория космических исследований, кафедра физики и астрономии

Университет г. Турку, Турку, Финляндия

E-mail: aino.valtonen@utu.fi; oleksiy.dudnik@srl.utu.fi

Received 18 January 2012, accepted 23 February 2012

Представлены результаты изучения амплитудных характеристик выходных сигналов от кремниевых фотоэлектронных умножителей с размерами ячеек $50 \times 50 \text{ мкм}^2$ и $100 \times 100 \text{ мкм}^2$ производства «Hamamatsu Photonics K.K.» разными методами. Показано, что эффективность регистрации фотонов кремниевым ФЭУ с большими размерами ячеек имеет более быстрый рост с увеличением напряжений обратных смещений за счет лучшей геометрической эффективности. В то же время динамический диапазон линейной части зависимости выходных амплитуд от перенапряжений для этого ФЭУ гораздо уже, чем у ФЭУ с меньшими размерами ячеек. Представлены рекомендации по выбору рабочих точек напряжений обратного смещения для обоих кремниевых ФЭУ. Измерены максимальные темпы счета ФЭУ при разных интенсивностях падающего света в экспериментах с применением лазерного диода в качестве источника оптических фотонов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фотоэлектронный умножитель, эффективность регистрации фотонов, однофотоэлектронный режим, операционный усилитель, кремниевый ФЭУ, темп счета, осциллограф, сцинтилляционный детектор.

AMPLITUDE AND COUNT RATE CHARACTERISTICS OF “HAMAMATSU PHOTONICS” MULTI PIXEL PHOTON COUNTERS S10931-050P AND S10931-100P**O.V. Dudnik^{*,**}, E.V. Kurbatov^{*}, E. Valtonen^{**}**^{*}Kharkiv National University named after V.N. Karazin
Kharkiv, Svobody Square, 4, 61022 Ukraine^{**}Space Research Laboratory, Department of Physics and Astronomy
University of Turku, Turku, Finland

Results of studies of output signal amplitude characteristics of “Hamamatsu Photonics K.K.” silicon photomultipliers with pixel sizes $50 \times 50 \text{ }\mu\text{m}^2$ and $100 \times 100 \text{ }\mu\text{m}^2$ using various methods are presented. It is shown that the photon detection efficiency of the PM with larger pixel size increases more rapidly with increasing bias voltage due to better geometric efficiency. At the same time the range of overvoltage producing linear output signals for this PM is much narrower than for the PM with smaller pixel size. Recommendations on the choice of operational bias voltages for both silicon PMs are presented. Maximal count rates of the silicon PMs are measured at various light intensities with a laser diode as the source of optical photons.

KEY WORDS: photomultiplier, photon detection efficiency, single photoelectron mode, operational amplifier, silicon PM, count rate, oscilloscope, scintillation detector.

АМПЛИТУДНІ І ШВИДКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАГАТОПІКСЕЛЬНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ФОТОНІВ S10931-050P І S10931-100P ВИРОБНИЦТВА “HAMAMATSU PHOTONICS”**О.В. Дудник^{*,**}, Є.В. Курбатов^{*}, Е. Валтонен^{**}**^{*}Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
м. Харків, пл. Свободи, 4, 61022 Україна^{**}Лабораторія космічних досліджень, кафедра фізики і астрономії
Університет м. Турку, Турку, Фінляндія

Представлені результати досліджень амплітудних характеристик вихідних сигналів від кремнієвих фотоелектронних помножувачів з розмірами комірок $50 \times 50 \text{ мкм}^2$ і $100 \times 100 \text{ мкм}^2$ виробництва «Hamamatsu Photonics K.K.» різними методами. Показано, що ефективність реєстрації фотонів ФЕП з більшими розмірами комірок має більш швидкий темп зростання з підвищенням напруг зворотного зміщення за рахунок кращої геометричної ефективності. У той же час динамічний діапазон лінійної частини залежності вихідних амплітуд від перенапружень для цього ФЕП значно вузьчий, ніж для ФЕП з меншими розмірами комірок. Представлені рекомендації з вибору робочих точок напруг зворотного зміщення для обох кремнієвих ФЕП. Виміряні максимальні темпи рахунку ФЕП при різних інтенсивностях падаючого світла в експериментах з застосуванням лазерного діоду у якості джерела оптичних фотонів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: фотоелектронний помножувач, ефективність реєстрації фотонів, одно фотоелектронний режим, операційний підсилювач, кремнієвий ФЕП, темп рахунку, осцилограф, сцинтиляційний детектор.

В сцинтилляционных детекторах заряженных частиц высоких энергий в качестве фотоприемников в последнее время все чаще применяются полупроводниковые фотоэлектронные умножители (ФЭУ). Обладая не большими размерами, весом и значительно меньшими в сравнении с вакуумными ФЭУ напряжениями обратно-

$R1 = 10 \text{ кОм}$ и $R2 = 50 \text{ Ом}$ необходимо преимущественно для исследования однофотонных режимов работы кремниевых ФЭУ.

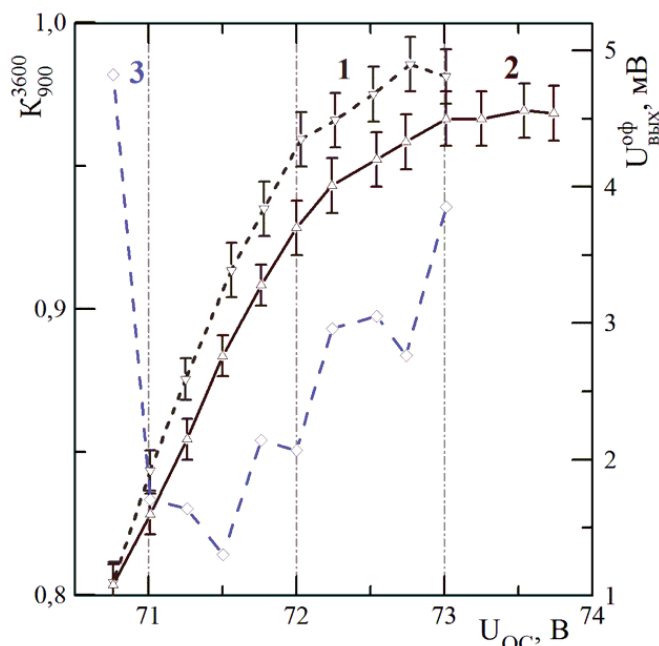


Рис.6. Зависимость усредненных значений амплитуд однофотонных сигналов МРРС S10931-100P (1) и S10931-050P (2) (правая шкала оси ОУ), от напряжения обратного смещения U_{OC} , и их обратных отношений (3) (левая шкала оси ОУ).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кремниевые фотонные умножители производства «Hamamatsu Photonics» с размерами ячеек $50 \times 50 \text{ мкм}$ и $100 \times 100 \text{ мкм}$ можно применять для исследования однофотонных сигналов, перекрестного влияния соседних ячеек, послеимпульсов и шумов в достаточно узком диапазоне перенапряжений: для МРРС S10931-050P этот диапазон составляет $\Delta U_{OC} \approx 2,7 \text{ В}$, для МРРС S10931-100P диапазон еще уже и составляет $\Delta U_{OC} \approx 1,7 \text{ В}$. Использование многопиксельных счетчиков фотонов со сцинтилляционными детекторами, имеющими короткое время высвечивания, имеет ограничения по максимальным темпам счета. Для электронов, гамма-квантов и легких ионов, имеющих низкую энергию и регистрируемых сцинтилляторами с небольшим световым выходом, максимальный темп счета составляет не более 20 МГц . Для тяжелых ядер и других ускоренных до больших энергий частиц, составляющих значительные ионизационные потери в указанных сцинтилляторах, максимальный темп счета составляет не более 2 МГц .

Авторы выражают благодарность кандидату физико-математических наук, старшему научному сотруднику кафедры экспериментальной ядерной физики физико-технического факультета ХНУ имени В.Н. Каразина В.В. Черному и ведущему инженеру Института проблем безопасности АЭС НАН Украины И.Л. Зайцевскому за полезные консультации и помощь в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dudnik O.V., Kurbatov E.V., Tarasov V.A., Andryushenko L.A., Valtonen E. Definition of relative scintillation detector light yields with the usage of vacuum and solid-state photo receivers // The Journal of Kharkiv National University, Physical series: Nuclei, Particles, Fields. – 2010. – Vol.933. – Is.4. – P.49-58.
2. Mirzoyan R., Dolgoshein B., Holl P., et al. SiPM and ADD as advanced detectors for astro-particle physics // Nucl. Instrum. & Methods A. – 2000. – Vol.442. – Is.1-3. – P.187-192.
3. Albert J., Aliu E., Anderhub V. et al. Discovery of VHE gamma-ray emission from 1ES1218+30.4 // Astrophys. Journ. Lett. – 2006. – Vol.642. – №.2. – P.119-122.
4. Teshima M., Lipari P., Santangelo A. EUSO (The Extreme Universe Space Observatory) - Scientific Objective - // Proceedings of 28th ICRC. – Tsukuba. – 2003. – P.1069-1072.
5. Antich P.P., Tsyganov E.N., Malakhov N.A., Sadygov Z.Y. Avalanche photo diode with local negative feedback sensitive to UV, blue and green light // Nucl. Instrum. & Methods A. – 1997. – Vol.389. – Is.3. – P.491-498.
6. Golovin V., Saveliev V. Novel type of avalanche photodetector with Geiger mode operation // Nucl. Instrum. & Methods A. – 2004. – Vol.518. – Is.1-2. – P.560-564.
7. Andreev V., Balagura V., Bobchenko B. et al. A high-granularity scintillator calorimeter readout with silicon photomultipliers // Nucl. Instrum. & Methods A. – 2005. – Vol.540. – Is.2-3. – P.368-380.
8. Renker D. Geiger-mode avalanche photodiodes, history, properties and problems // Nucl. Instrum. & Methods A. – 2006. – Vol.567. – Is.1. – P.48-56.
9. Haba J. Status and perspectives of pixilated photon detector (PPD) // Nucl. Instrum. & Methods A. – 2008. – Vol.595. – Is.1. – P.154-160.
10. Korpar S., Krizan P., Pestotnik R. Timing and cross-talk properties of BURLE multi-channel MCP PMTs // Nucl. Instrum. & Methods A. – 2008. – Vol.595. – Is.1. – P.169-172.
11. <http://www.hamamatsu.com>
12. Hamamatsu Photonics K.K. // Multi-Pixel Photon Counter – Brochure, September 2010, http://sales.hamamatsu.com/assets/pdf/parts_S/high_resolution_mppc_kapd0002e08.pdf
13. Gomi S., Hano H., Iijima T. et al. Development and study of the multi pixel photon counter // Nucl. Instrum. & Methods A. – 2007. – Vol.581. – Is.1-2. – P.427-432.